

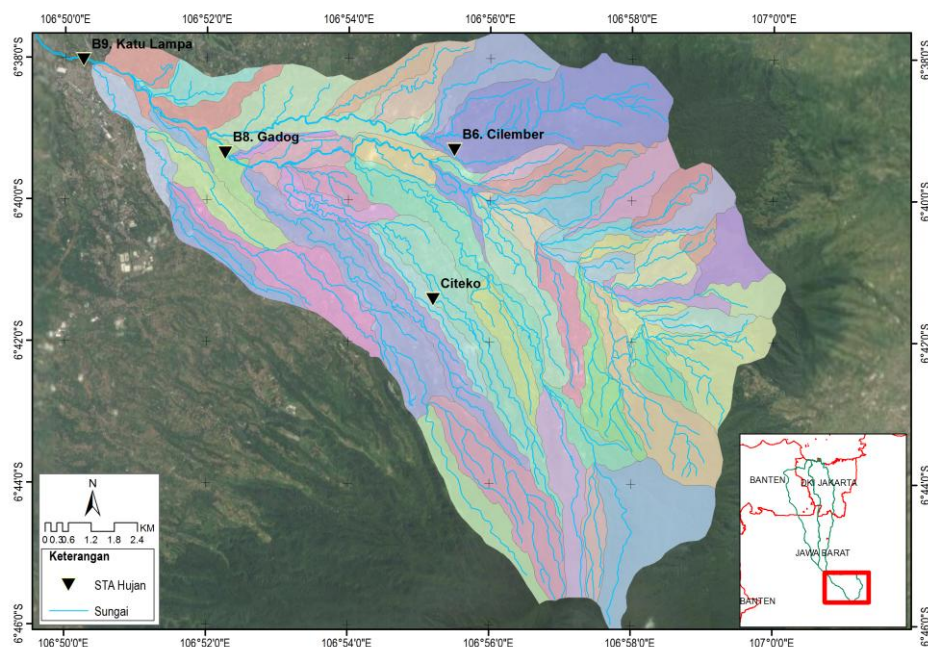
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian akan dilakukan sesuai bagan alur penelitian pada Gambar 3-2. Secara garis besar penelitian dibagi dalam 5 (lima) tahapan, yaitu: (1). Konversi SPT ke dalam *Hydrology Soil Group (HSG)*, (2). Komparasi kelas penutupan lahan, (3). Penentuan *Curve Number*, dan (4). Analisis data hidrologi, dan (5). Kalibrasi koefisien retensi maksimum. Masing-masing tahapan akan dijelaskan pada Sub-bab 3.3.

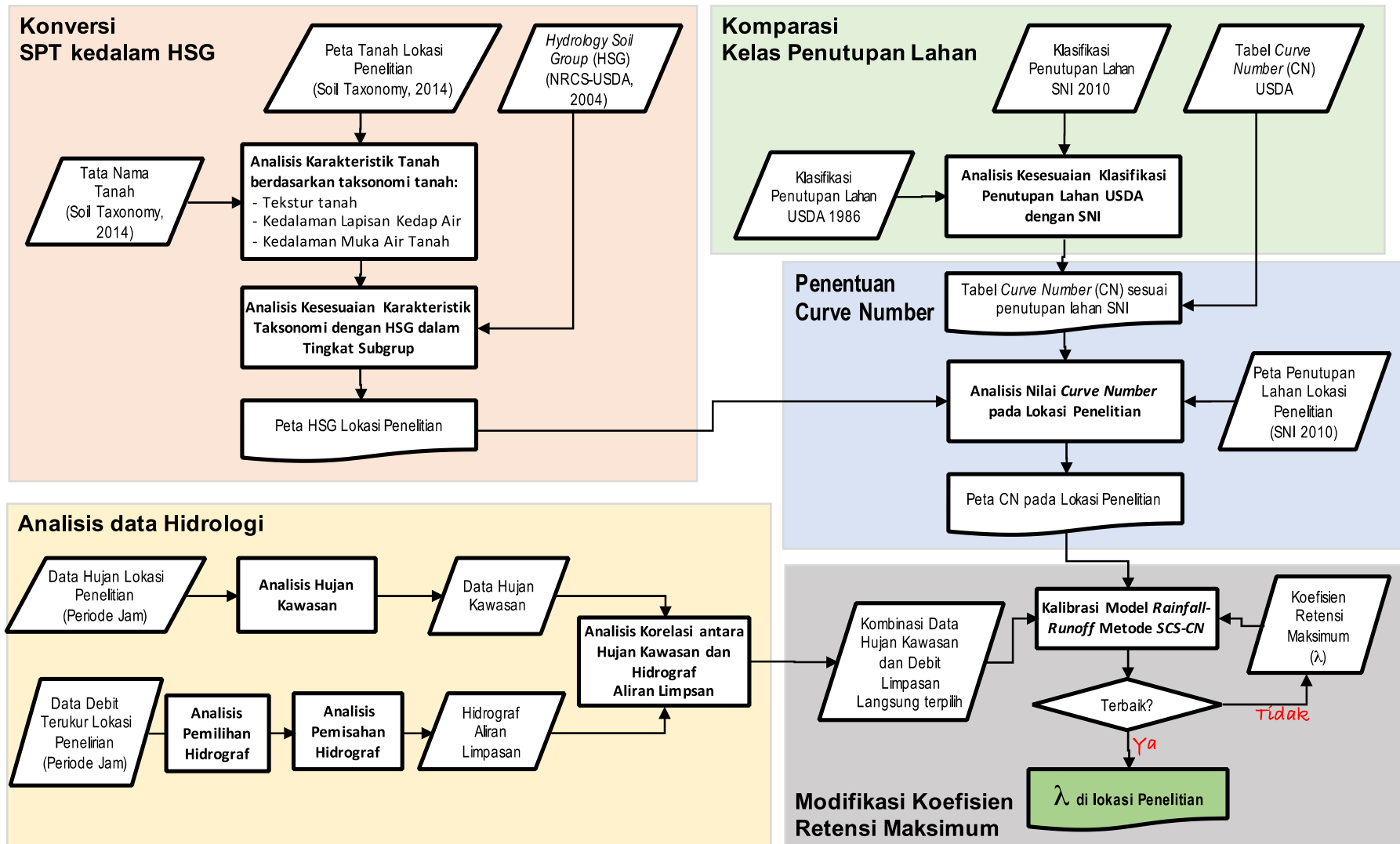
3.2 Data

Lokasi penelitian berada di DAS Katulampa Gambar 3-1. Lokasi ini dipilih karena keberadaan data arsip pada rentang waktu yang panjang (lebih dari 17.000 jam) merupakan hasil selama 2 (dua) tahun data hujan jam-jaman, data hujan tersedia di 4 (empat) lokasi stasiun hujan yaitu; Katulampa, Gadog, Cilember, dan Citeko. Data pengukuran debit (AWLR) terletak di ujung hilir DAS Katulampa.



Gambar 3-1 Peta Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, dimana data primer digunakan sebagai kalibrasi hasil penelitian.



Gambar 3-2 Bagan Alir Penelitian

Data primer berupa:

- 1) Data curah hujan jam-jaman selama 2 (dua) tahun (2008-2009) dengan lebih dari 17.000 jam di 4 (empat) lokasi stasiun hujan yaitu; Katulampa, Gadog, Cilember, dan Citeko.
- 2) Data debit jam-jaman terukur di ujung hilir DAS Katulampa pada Stasiun AWLR Katulampa.
- 3) Data pengukuran kondisi jenis tanah di lokasi penelitian dengan melakukan *boring* 13 (tiga belas) titik lokasi, pengukuran ini dilakukan untuk kalibrasi tekstur tanah.

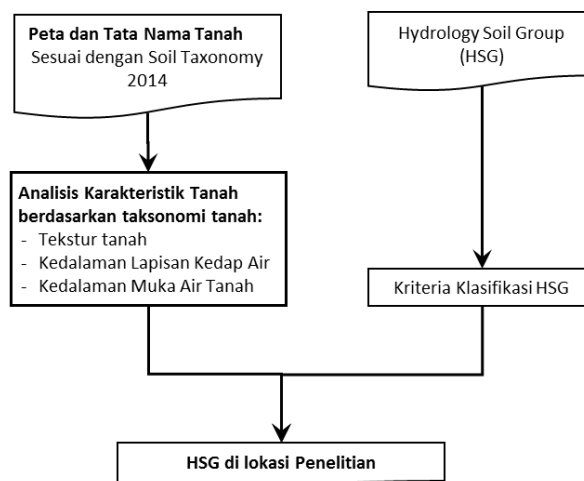
Data sekunder berupa:

- 1) Data SPT di Indonesia berdasarkan Taksonomi Tanah 2014.
- 2) Data klasifikasi kelas penutupan lahan di Indonesia berdasarkan SNI 2010.
- 3) Data *Hydrology Soil Group* (HSG) NRCS – USDA, 2009.
- 4) Data Peta Rupa Bumi Indonesia untuk analisis penutupan dan pengolahan lahan diunduh melalui situs <http://tanahair.indonesia.go.id/home/>.
- 5) Data peta Penutupan Lahan 2010 dengan jenis penutupan lahan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional (2010).

3.3 Metode Analisis

3.3.1 Konversi SPT ke dalam *Hydrology Soil Group* (HSG)

Penetapan HSG pada penelitian ini berdasarkan data sekunder berupa peta tanah dalam bentuk Satuan Pemetaan Tanah (SPT) serta sifat dan karakteristik tanah yang ditemui di lokasi penelitian. Alur (metode) konversi SPT ke dalam HSG sesuai dengan karakteristiknya diperlihatkan pada Gambar 3-3 dan kriteria penetapan HSG didasarkan pada Tabel 3-1. Kriteria penetapan didasarkan pada kondisi tekstur tanah, kedalaman lapis kedap air, dan kedalaman muka air tanah.



Gambar 3-3 Gambar Bagan Alir Penentuan HSG

Tabel 3-1 Kriteria untuk Penetapan *Hydrologic Soil Group* (HSG)

| No | Kedalaman lapisan impermeabel ¹⁾ | Kedalaman muka air tanah tertinggi (MAT) ²⁾ | Konduktivitas Hidrolik Jenuh (K sat) | Kisaran Kedalaman K sat | Kelas Tekstur Tanah | HSG ³⁾ |
|----|---|--|--------------------------------------|--|--|------------------------------|
| 1 | < 50 cm | - | - | - | - | D |
| 2 | 50 - 100 cm | < 60 cm | > 40.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 60 cm | Sand, loamy sand, sandy loam | A/D |
| 3 | | | >10 - \leq 40 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 60 cm | sandy clay loam | B/D |
| 4 | | | >1.0 - \leq 10 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 60 cm | silt, silt loam, loam | C/D |
| 5 | | | \leq 1.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 60 cm | sandy clay, clay loam, silty clay loam, silty clay, clay | D |
| 6 | | | \geq 60 cm | > 40.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | Sand, loamy sand, sandy loam |
| 7 | >10 - \leq 40 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | sandy clay loam | B | |
| 8 | >1.0 - \leq 10 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | silt, silt loam, loam | C | |
| 9 | \leq 1.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | sandy clay, clay loam, silty clay loam, silty clay, clay | D | |
| 10 | > 100 cm | < 60 cm | > 10.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | Sand, loamy sand, sandy loam | A/D |
| 11 | | | > 4.0 - \leq 10.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | sandy clay loam | B/D |
| 12 | | | > 0.40 - \leq 4.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | silt, silt loam, loam | C/D |
| 13 | | | \leq 0.40 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | sandy clay, clay loam, silty clay loam, silty clay, clay | D |
| 14 | | | 60 - 100 cm | > 40.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | Sand, loamy sand, sandy loam |
| 15 | >10 - \leq 40 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | sandy clay loam | B | |
| 16 | >1.0 - \leq 10 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | silt, silt loam, loam | C | |
| 17 | \leq 1.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 50 cm | | sandy clay, clay loam, silty clay loam, silty clay, clay | D | |
| 18 | - | >100 cm | | > 10.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | Sand, loamy sand, sandy loam |
| 19 | | | > 4.0 - \leq 10.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | sandy clay loam | B |
| 20 | | | > 0.40 - \leq 4.0 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | silt, silt loam, loam | C |
| 21 | | | \leq 0.40 $\mu\text{m/s}$ | 0 - 100 cm | sandy clay, clay loam, silty clay loam, silty clay, clay | D |

(National Engineering Handbook, 2010)

Catatan:

1. Lapisan *impermeabel* mempunyai K sat < 0.01 $\mu\text{m/s}$ atau suatu komponen pembatas seperti fragipan, duripan, petrokalsik, orstein, petrogipsik, horison tersementasi, material densik, plakik, bedrock, litik, atau permafrost.
2. *High Water Table* (HWT) selama bulan tertentu sepanjang tahun.
3. Dua kelas HSG diterapkan hanya untuk tanah basah (MAT < 60 cm). Jika tanah tersebut dapat didrainase, kelas HSG yang kurang restriktif dapat ditentukan, tergantung K sat.

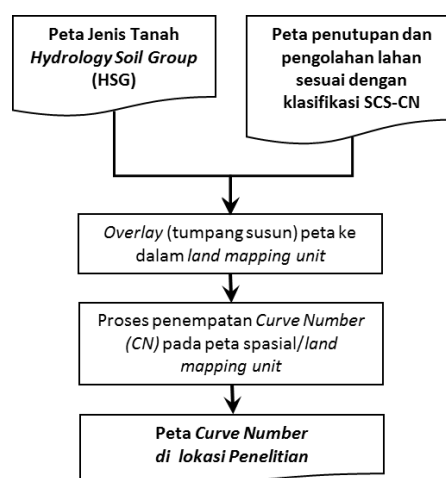
3.3.2 Komparasi Kelas Penutupan Lahan

Perumusan klasifikasi penutupan lahan untuk analisis CN adalah dengan mengkomparasikan/menyepadankan penutupan lahan yang sesuai dengan USDA (1986) seperti dijelaskan pada Sub-bab 2.6.2 dengan klasifikasi penutupan lahan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional (2010). Metode yang digunakan adalah dengan membanding karakter masing-masing penutupan lahan dan memilih yang saling bersesuaian.

3.3.3 Penentuan *Curve Number* (CN)

Nilai CN awal yang digunakan merupakan nilai empirik diperoleh dari tabel CN pada *Technical Release 55* yang dikeluarkan oleh *Natural Resources Conservation Service* tahun 1986 (USDA, 1986). Nilai CN secara keseluruhan yang sesuai dengan penutupan lahan dan HSG yang ada di Indonesia (SNI), dirumuskan dengan cara menempatkan nilai CN dari USDA (1986) yang sesuai dengan penutupan lahan dan HSG yang ada di Indonesia. Proses ini akan menghasilkan matriks rumusan CN Indonesia.

Perumusan CN pada lokasi penelitian dengan membuat *land mapping unit*. *Land mapping unit* diperoleh dengan cara melakukan tumpang susun (*overlay*) 2 (dua) jenis peta, yaitu peta jenis tanah berdasarkan HSG (yang telah diperoleh dari proses seperti pada Sub-bab 3.3.1) dan peta penutupan lahan (proses seperti pada Sub-bab 3.3.2). CN ini yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai limpasan permukaan pada masing-masing *land mapping unit* (Gambar 3-4).



Gambar 3-4 Bagan Alir Perumusan *Curve Number* pada Lokasi Penelitian

3.3.4 Modifikasi Nilai Koefisien Retensi Maksimum

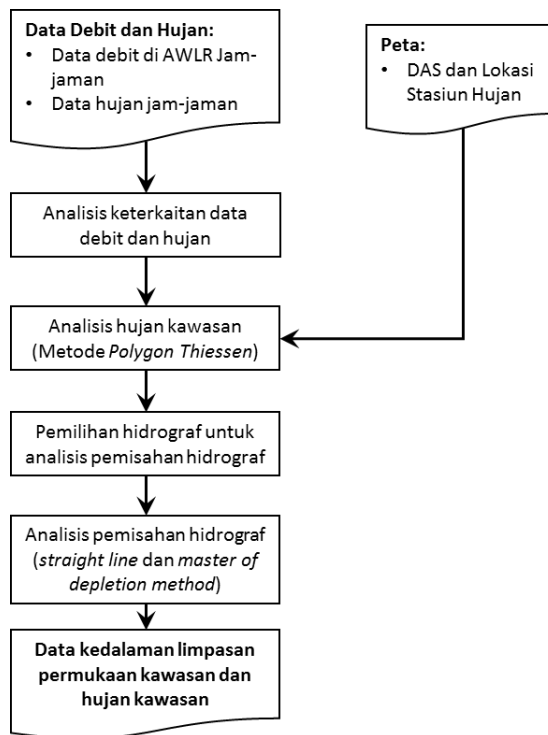
Modifikasi λ dilakukan dengan proses kalibrasi pada model limpasan permukaan (yang diperoleh dengan analisis hidrologi dari data AWLR) dengan cara memperkirakan nilai awal λ berdasarkan karakteristik DAS.

3.3.4.1 Analisis Koefisien Retensi

Optimasi dilakukan dengan membandingkan debit limpasan permukaan hasil model (Q_{model}) dengan debit limpasan permukaan hasil pengukuran lapangan ($Q_{\text{observasi}}$). Apabila hidrograf debit simulasi memiliki kemiripan dengan hidrograf debit observasi, dalam arti bahwa *function value* (nisbah antara model dengan observasi) relatif kecil atau mendekati nol, maka proses kalibrasi dianggap selesai. Hal ini berarti bahwa model telah memperlihatkan unjuk kerja yang baik. Apabila kondisi ini belum tercapai, maka iterasi parameter dilakukan berulang-ulang sampai kemiripan kurva terpenuhi, seperti dijelaskan pada Sub-bab 3.3.4.3.

3.3.4.2 Analisis Debit Limpasan Permukaan

Alur analisis hidrologi seperti pada Gambar 3-5, dimulai dengan kompilasi data debit pada AWLR dan data hujan pada beberapa stasiun hujan. Selanjutnya dianalisis keterkaitan antara data debit dan hujan untuk memilih data mana yang akan digunakan. Setelah data terpilih maka dilakukan perhitungan hujan kawasan dengan metode *polygon Thiessen* (dijelaskan pada Sub-bab 2.1.2.3). Langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan hidrograf yang akan digunakan untuk analisis lanjutan, hidrograf yang dipilih adalah hidrograf yang memiliki bentuk standar dengan hanya 1 (satu) puncak hidrograf. Setelah terpilih beberapa hidrograf (kandidat), hidrograf akan dipisahkan antara limpasan permukaan dan aliran dasarnya (metode dijelaskan pada Sub-bab 2.1.4.3). Hasil akhir dari analisis ini adalah berupa kedalaman limpasan permukaan dan kedalaman hujan pada waktu yang bersamaan.



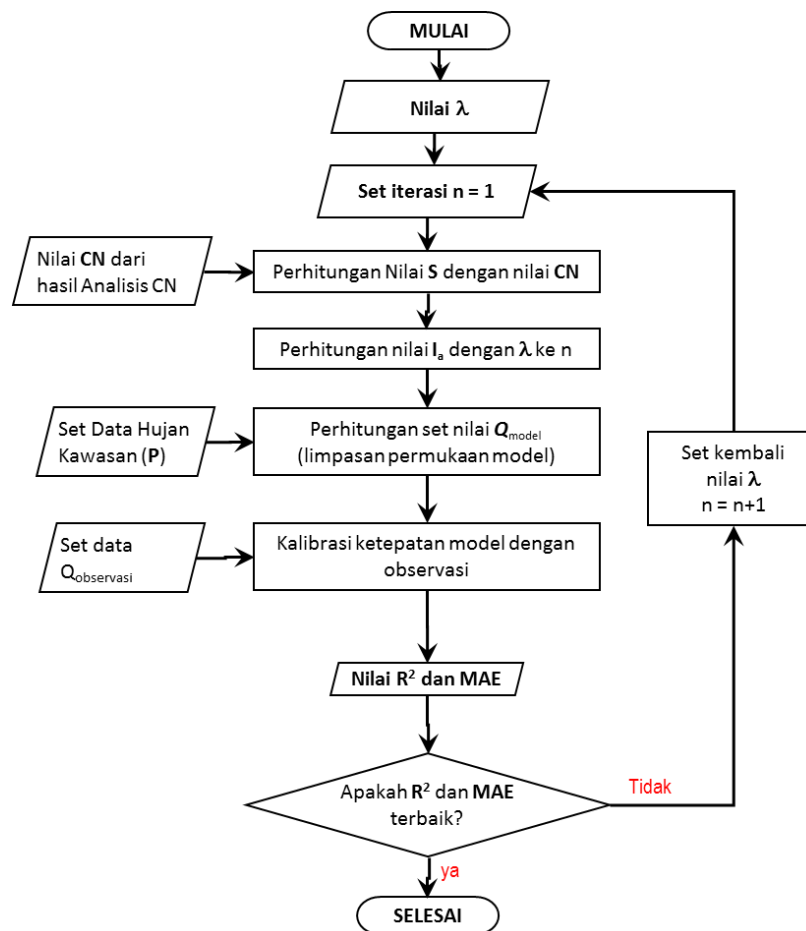
Gambar 3-5 Bagan Alir Debit Limpasan Permukaan

3.3.4.3 Koefisien Retensi Maksimum Terbaik

Selain melihat dari nisbah antara Q_{model} dengan $Q_{\text{observasi}}$, penentuan λ terbaik juga dilakukan dengan uji statistik MAE dan R^2 . Proses kalibrasi dilakukan dengan algoritma sebagai berikut:

1. Mulai
2. Set Nilai awal λ (coba-coba)
3. Set jumlah iterasi $n = 1$
4. Hitung nilai S (retensi maksimum) berdasarkan nilai CN dan λ
5. Hitung nilai I_a (abstraksi awal) berdasarkan nilai S
6. Hitung Q_{model} berdasarkan nilai hujan (P), I_a , dan S
7. Hitung nilai R^2 dan MAE pada set nilai Q_{model} dan $Q_{\text{observasi}}$
8. Analisis apakah nilai R^2 dan MAE sudah pada kondisi terbaik?
9. Jika belum masukan nilai λ baru dan set $n = n+1$
10. Jika sudah, set λ sebagai λ terbaik
11. Selesai

Algoritma dalam bentuk bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3-6.



Gambar 3-6 Algoritma Kalibrasi Koefisien Retensi Maksimum (λ)

3.3.4.4 Metode Interpretasi Hasil

Beberapa hal terukur yang secara fisik akan dihasilkan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Menghasilkan peta intepretasi jenis tanah berdasarkan *Hydrology Soil Group (HSG)* pada lokasi penelitian.
- 2) Menghasilkan pemisahan hidrograf limpasan permukaan di beberapa periode pada lokasi penelitian.
- 3) Menghasilkan modifikasi nilai CN yang sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian.
- 4) Menemukan λ baru pada model SCS-CN yang sesuai di Indonesia.